

**LABORATÓRIO CESP DE ENGENHARIA CIVIL**

**ENSAIOS SEDIMENTOMÉTRICOS**

**Roteiro preliminar**

**passo a passo**

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 RECEPÇÃO DAS AMOSTRAS.....	2
3 DEFINIÇÃO DOS ENSAIOS .....	2
4 REDUÇÃO DAS AMOSTRAS DE SUSPENSÃO.....	2
5 SÓLIDOS DISSOLVIDOS .....	3
6 COLÓIDES.....	3
7 FILTRAÇÃO (concentração ou suspensão) .....	3
8 EVAPORAÇÃO (concentração) .....	3
9 MÉTODO DE ANÁLISE (suspensão).....	3
10 PENEIRAMENTO DE SUSPENSÃO - SECO .....	4
11 PENEIRAMENTO DE SUSPENSÃO - ÚMIDO .....	4
12 TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE .....	4
13 PIPETAGEM DE SUSPENSÃO .....	5
14 GRANULOMETRIA DE LEITO.....	5
15 PIPETAGEM DE LEITO .....	6
16 SOLUÇÃO SULFATO DE COBRE (solução 5%).....	7
17 PREPARO DOS FRASCOS.....	7
18 PREPARO DAS CÁPSULAS E BÉQUERES .....	7
19 PREPARO DOS CADINHOS .....	7
20 RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS .....	7
22 RECEPÇÃO - DECANTAÇÃO - SÓLIDOS DISSOLVIDOS - REDUÇÃO (fotos).....	9
23 COLÓIDES (fotos).....	11
24 MÉTODO DE ANÁLISE (fotos) .....	12
25 TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE (fotos) .....	14
26 PENEIRAMENTO DE SUSPENSÃO (fotos) .....	17
27 PIPETAGEM (fotos) .....	18
28 PENEIRAMENTO DO LEITO (fotos).....	19
29 EXEMPLOS DE PLANILHAS DE COMPILAÇÃO .....	21

## INTRODUÇÃO

Este roteiro descreve passo a passo os procedimentos de recepção das amostras, preparo das soluções, definição dos ensaios, redução das amostras, preparo e aferição dos equipamentos utilizados e execução dos ensaios sedimentométricos conforme são executados no Laboratório Cesp de Engenharia (LCEC), em Ilha Solteira, SP. Desde 2002, quando estas análises começaram a ser feitas, temos procurado aprimorar continuamente os procedimentos de ensaio visando à obtenção de resultados cada vez mais confiáveis.

Ele deve ser utilizado apenas de forma orientativa, pois ainda é um texto preliminar que será revisado e complementado oportunamente. Todas as contribuições referentes a sugestões ou incorreções serão bem-vindas.

As dúvidas específicas poderão ser sanadas diretamente com:

Ademir dos Anjos	<a href="mailto:ademir.anjos@cesp.com.br">ademir.anjos@cesp.com.br</a>	18-3743 6673
Nelson Real	<a href="mailto:nelson.real@cesp.com.br">nelson.real@cesp.com.br</a>	18-3743 6672
Aloísio Celeri	<a href="mailto:aloisio.celeri@cesp.com.br">aloisio.celeri@cesp.com.br</a>	18-3743 6653

## RECEPÇÃO DAS AMOSTRAS

### Amostras de Concentração e Suspensão

1. Conferir e registrar as amostras no caderno de recepção de amostras sedimentométricas;
2. Limpar com pano úmido externamente o frasco;
3. Pesar e anotar o peso de cada frasco com tampa;
4. Adicionar na amostra a diferença de solução sulfato de cobre, na proporção 1 ml/litro, no volume excedente a 10 litros de amostra, visto que o frasco enviado para o campo já é previamente preparado com 10 ml da solução;
5. Agitar o frasco e coloca-lo em local ao alcance do redutor de amostras ou pescador;
6. Cobrir os frascos para mante-los ao abrigo da luz, aguardar um período mínimo de 96 horas para a decantação dos sedimentos;
7. Proceder à redução das amostras e aos ensaios conforme DEFINIÇÃO DOS ENSAIOS;

### Amostras do Leito

8. Conferir, registrar cada amostra;
9. Proceder a preparação das amostras conforme especificado pelo cliente ou conforme item Preparação da amostra (GRANULOMETRIA DE LEITO);

## DEFINIÇÃO DOS ENSAIOS

### Amostras de concentração (Filtração ou Evaporação)

10. Determinar a Filtração para concentrações abaixo de 200 mg/l;
11. Determinar a Evaporação para concentrações acima de 200 mg/l;
12. Determinar a Evaporação quando houver dúvida quanto ao método a ser utilizado;

### Amostras de suspensão (Peneiramento, Filtração, Tubo de remoção pela base ou Pipetagem)

13. Determinar o Método de análise;
14. Calcular o valor da concentração proporcional, conforme item Silte + argila - Água remanescente no béquer do MÉTODO DE ANÁLISE (SUSPENSÃO);
15. Executar o peneiramento do material retido na # 230;
16. Executar o ensaio de Filtração do material passado na # 230, quando a concentração proporcional determinada no método de análise for inferior a 200 mg/l;
17. Executar o ensaio Tubo de Remoção pela Base quando a concentração proporcional resultar em valores entre 200 e 3200 mg/l;
18. Executar o ensaio de Pipetagem quando a concentração proporcional resultar em valores entre 3200 a 40000 mg/l;

### Amostra do leito (Granulometria por peneiramento com ou sem Pipetagem)

19. Executar o peneiramento;
20. Executar a Pipetagem nas amostras que apresentarem no peneiramento mais de 4,9% de material passado na # 230;

## REDUÇÃO DAS AMOSTRAS DE SUSPENSÃO

21. Pipetar duas porções de 50 ml da parte superior da amostra ainda no frasco, para a determinação dos sólidos dissolvidos;
22. Coletar aproximadamente 4000 ml da parte superior da amostra no frasco para uso nas outras operações. Em todo o texto, essa água será denominada "água do próprio rio";
23. Reduzir o máximo possível a amostra já decantada com uso do pescador;
24. Transportar a amostra remanescente no frasco para um béquer de 1000 ml, lavando o frasco com jatos de água do próprio rio e proceder à segunda decantação da amostra depositada no béquer;
25. Proceder ao PREPARO DOS FRASCOS;

## SÓLIDOS DISSOLVIDOS

26. Tamar duas cápsulas previamente preparadas;
27. Pipetar duas porções de 50 ml da parte superior da amostra no frasco, depositando-as nas cápsulas;
28. Filtrar as amostras que após a decantação apresentaram coloração visual, a filtragem deverá ser nas cápsulas com auxílio da tampa filtradora e cadinho previamente preparado, utilizando a sucção a vácuo com pressão de 10 pol Hg.
29. Secar as amostras em estufa, resfriar no dessecador, pesar e anotar os dados no impresso;

## COLÓIDES

### Ensaio realizado em amostras que apresentam coloração visual

30. Tamar um béquer de 1000 ml e um cadinho previamente preparado;
31. Depositar no béquer aproximadamente 1000 ml da água do próprio rio obtida durante redução;
32. Pesar o béquer com a água;
33. Filtrar toda a água em cadinho no gabinete filtrante utilizando sucção a vácuo com pressão inicial de 10 pol Hg (254 mm hg). A pressão recomendada é de 10 a 20 pol hg;
34. Lavar o béquer no cadinho com água destilada;
35. Secar o cadinho em estufa;
36. Determinar o peso final do cadinho;

## FILTRAÇÃO (concentração ou suspensão)

### Ensaio realizado em amostras com concentrações abaixo de 200 mg/l

37. Tamar um cadinho previamente preparado;
38. Proceder a segunda redução da amostra depositada no béquer de 1000 ml para 100 ml ou o menor volume conseguido (mínimo 100 ml);
39. Anotar o volume lido, somente quando houver colóide;
40. Fixar o cadinho previamente preparado no gabinete de filtração;
41. Filtrar a amostra utilizando a sucção a vácuo com pressão de 10 a 20 pol Hg;
42. Lavar o béquer de 1000 ml no cadinho utilizando jatos de água destilada;
43. Secar o cadinho com sedimento em estufa;
44. Resfriar o cadinho no dessecador;
45. Determinar o peso final do cadinho;

## EVAPORAÇÃO (concentração)

### Ensaio realizado em amostras com concentrações acima de 200 mg/l

46. Tamar um béquer de 250 ml previamente preparado;
47. Proceder a segunda redução da amostra depositada no béquer de 1000 ml para 100 ml ou o menor volume conseguido (mínimo 100 ml);
48. Anotar o volume lido;
49. Transferir a amostra reduzida para o béquer de 250 ml, lavar o béquer de 1000 ml utilizando jatos de água destilada;
50. Colocar na estufa para secagem;
51. Determinar o peso seco;

## MÉTODO DE ANÁLISE (suspensão)

52. Molhar a peneira n.º 230 e acoplar na boca de um béquer de 1000 ml utilizando o adaptador;
53. Reduzir a amostra depositada no béquer de 1000 ml para aproximadamente 400 ml;
54. Despejar a amostra na peneira;
55. Lavar a amostra retida na peneira com jatos de água do próprio rio;

Areia - Material retido na peneira nº 230

56. Lavar novamente a areia ainda na peneira, com jatos de água destilada sem coletar a água;
57. Talar uma cápsula previamente preparada e transferir a areia da peneira para a cápsula, quando a amostra retida for visualmente inferior a dois miligramas, não será necessário a execução do peneiramento, a fração retida deverá ser adicionada à fração depositada no béquer;
58. Adicionar 0,2 ml de peróxido de hidrogênio na areia depositada na cápsula, aguardar aproximadamente 30 minutos para a reação do produto, retirar a água com o pescador, retirar o material orgânico que ficou na parede da cápsula com um papel filtro ou papel toalha, repetir os procedimentos se a areia ainda apresentar material orgânico;
59. Secar em estufa, resfriar no dessecador;
60. Proceder ao peneiramento;

Silte + argila - Amostra remanescente no béquer

61. Talar uma cápsula previamente preparada;
62. Completar a amostra remanescente no béquer para 800 ml com água do próprio rio;
63. Pipetar 25 ml homogeneizando com um bastão de vidro para determinação da concentração proporcional e depositar na cápsula; proceder a terceira decantação;

## PENEIRAMENTO DE SUSPENSÃO - SECO

64. Talar o jogo de peneiras e transferir o sedimento retido na peneira n.º 230 (areia), para a série de peneiras previamente taradas;
65. Agitar manualmente as peneiras o tempo necessário para a separação das frações, levando sempre em consideração a quantidade do material nas peneiras;
66. Pesar cada peneira com amostra e anotar individualmente cada peso;

## PENEIRAMENTO DE SUSPENSÃO - ÚMIDO

67. Talar seis cápsulas previamente preparadas;
68. Transferir o sedimento retido na peneira n.º 230 (areia), proveniente do Método de análise, para a série de peneiras;
69. Lavar a areia retida no jogo de peneira, o tempo necessário para a separação das frações levando sempre em consideração a quantidade de material nas peneiras;
70. Transferir o material das peneiras para as cápsulas, anotar os números das cápsulas no impresso (cápsulas em ordem crescente);
71. Secar as cápsulas com amostras em estufa;
72. Resfriar no dessecador;
73. Pesar as cápsulas com amostra;

## TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE

Aferição do Tubo

74. Introduzir água destilada com temperatura próxima a 25 °C até a altura 100 divisões do tubo, agitá-lo mantendo a temperatura da água homogênea até atingir a temperatura 25 °C, iniciar a coleta na altura 100 divisões, coletar de 10 em 10 divisões numa seqüência rápida para assegurar a mesma temperatura nas 10 coletas, fazer a leitura inicial e final de cada coleta e pesar cada porção imediatamente após a coleta;
75. Executar o procedimento anterior três vezes na mesma temperatura;
76. Digitar os dados na planilha AFERIÇÃO TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE;
77. Copiar os valores resultantes da aferição para a planilha Af./ ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SUSPENSÃO, utilizando a seqüência (copiar; colar valores e copiar; colar formatos);

Ensaio

78. Talar 11 béqueres previamente preparados;
79. Reduzir a amostra já decantada para aproximadamente 450 ml, com auxílio do pescador;
80. Transferir a amostra para o tubo homogeneizando com um bastão de vidro;

81. Lavar o bastão no béquer e o béquer no tubo com jatos de água do próprio rio e completar 100 divisões no tubo com a mesma água;
82. Agitar o tubo em movimentos de 180° durante 5 minutos, fixar o tubo no quadro, retirar a rolha; coletar 10 divisões da amostra em um único movimento nos horários conforme impresso, depositando as amostras coletadas nos béqueres;
83. Medir a temperatura da água destilada no tubo ao lado, nos horários conforme determina o impresso;
84. No final, lavar o tubo com jatos de água destilada depositando o resíduo num béquer;
85. Secar as amostras em estufa, resfriar no dessecador e determinar os pesos;

## PIPETAGEM DE SUSPENSÃO

### Aferição da Pipeta (25 ml)

86. Limpar o tanque e controlar para que as temperaturas da sala e da água do tanque sejam inferiores a 27 °C;
87. Ligar o controlador de temperatura e a bomba de circulação de água;
88. Ajustar o controlador de temperatura, mantendo o botão apertado e ajustando a leitura inicial em 26,8 °C, podendo aumentar ou diminuir em função da temperatura registrada no visor, aguardar a estabilização em 27 °C
89. Introduzir uma proveta com água destilada no tanque e aguardar a estabilização da temperatura interna da proveta;
90. Determinar três pipetagens na proveta, cronometrando o tempo gasto para o enchimento até a marca de referência. O Guia Prático de Sedimentometria, na página 87, recomenda a faixa de 8 a 12 segundos como aceitável (ideal 10 s);
91. Proceder a novas determinações após o desgaste da ponta da pipeta com lixa nº 100, se o tempo médio de 3 medições for superior a 12 segundos.
92. Descartar as pipetas cujas determinações resultarem em tempos inferiores a 8 segundos;

### Ensaio

93. Limpar o tanque e controlar para que a temperatura da sala e da água do tanque seja inferior a 27°C;
94. Ligar o controlador de temperatura e a bomba de circulação de água;
95. Ajustar o controlador de temperatura mantendo o botão apertado e ajustando a leitura inicial em 26,8 °C, podendo aumentar ou diminuir em função da temperatura registrada no visor, aguardar a estabilização em 27 °C
96. Tarar 6 cápsulas previamente preparadas;
97. Transferir a amostra do béquer para a proveta utilizando água do próprio rio, completar até 800 ml;
98. Aguardar a estabilização da temperatura do tanque e da proveta;
99. Desligar a bomba de circulação de água;
100. Agitar a amostra com auxílio de um agitador de proveta durante 1 minuto;
101. Pipetar 25 ml da amostra nos horários e profundidades conforme impresso, depositar as amostras retiradas nas cápsulas, lavar a pipeta na cápsula com água destilada;
102. Secar as amostras em estufa, resfriar no dessecador e determinar os pesos;
103. Tarar 1 béquer de 250 ml previamente preparado;
104. Transferir a amostra remanescente da proveta para um béquer de 1000 ml utilizando água do próprio rio, decantar, reduzir para 100 ml ou o menor volume conseguido (mínimo 100 ml);
105. Anotar o volume lido;
106. Transferir a amostra para o béquer de 250 ml, lavar o béquer de 1000 ml com água destilada;
107. Secar a amostra em estufa, resfriar no dessecador e determinar o peso;

## GRANULOMETRIA DE LEITO

### Preparação da amostra

108. Transferir as amostras de cada vertical para cápsulas de porcelana ou pratos;
109. Decantar e retirar a água sobrenadante das amostras com uma bisnaga de borracha;
110. Homogeneizar as amostras de cada vertical individualmente, separar uma porção de cada vertical e compor uma amostra representativa de aproximadamente 500 g. Quando algumas das verticais apresentarem pouco material, a separação será feita o mais proporcional possível, tomando sempre

- por base a de menor peso e buscando uma massa de pelo menos 100 g ou a maior quantidade possível;
111. Secar as amostras em estufa;
  112. Resfriar ao ar;
  113. Destorroar com auxílio de mão de grau;
  114. Pesar a amostra total se houver material grosso, separar os materiais fino e grosso, passando a amostra na peneira n.º 10;
  115. Molhar a fração passada na peneira n.º 10, separar aproximadamente 110 g, secar em estufa e proceder ao peneiramento;
  116. Guardar o restante da amostra para o ensaio de Pipetagem;

#### Peneiramento

117. Transferir a fração fina para a série de peneiras, agitar por 15 minutos no Rotape e proceder às pesagens acumulando o fino;
118. Executar manualmente a peneiração do material grosso e proceder às pesagens acumuladas;
119. Proceder o ensaio de Pipetagem nas amostras que apresentarem no peneiramento mais de 4,9% de material passado na # 230;

## PIPETAGEM DE LEITO

#### Defloculante

120. Pesar 34,6 g de hexametáfosfato de sódio;
121. Colocar em uma proveta de 1000 ml com aproximadamente 700 ml de água destilada;
122. Agitar utilizando o agitador de proveta até dissolver todo o material;
123. Completar com água destilada até a marcação de 1000 ml;
124. Homogeneizar e armazenar numa proveta com tampa;

#### Sólidos dissolvidos no defloculante

125. Pipetar duas porções de 8 ml, depositar nas cápsulas, secar em estufa, resfriar no dessecador e determinar o peso;

#### Ensaio

126. Tarar 8 cápsulas devidamente preparadas e em ordem numérica e anotar no impresso;
127. Pesar 4 gramas da amostra passada na peneira n.º 230, depositar num béquer de 250 ml;
128. Adicionar 8 ml do defloculante e completar 250 ml com água destilada;
129. Repousar a amostra + defloculante por 24 horas;
130. Limpar o tanque e controlar para que a temperatura da sala e da água do tanque seja inferior a 27°C;
131. Ligar o controlador de temperatura e a bomba de circulação de água;
132. Ajustar o controlador de temperatura mantendo o botão apertado e ajustando a leitura inicial em 26,8 °C, podendo aumentar ou diminuir em função da temperatura registrada no visor, aguardar a estabilização em 27 °C
133. Transferir a amostra para o copo do dispersador e lavar o béquer com jatos de água destilada;
134. Dispersar a amostra por 15 minutos;
135. Transferir a amostra do copo do dispersador para a proveta, lavando o copo com auxílio de jatos de água destilada;
136. Completar com água destilada até atingir 800 ml;
137. Aguardar a estabilização da temperatura do tanque e da proveta;
138. Desligar a bomba de circulação de água;
139. Agitar a amostra com auxílio de um agitador de proveta durante 1 minuto;
140. Pipetar 25 ml da amostra, nos horários e profundidades conforme impresso, depositar as amostras nas cápsulas;
141. Secar as cápsulas em estufa, resfriar no dessecador, e fazer as pesagens;



## SOLUÇÃO SULFATO DE COBRE (solução 0,5%)

### Preparo da solução – Dosagem 1 ml/l

142. Pesar 5g de Sulfato de cobre;
  143. Despejar em um balão volumétrico de 1000 ml com pouca água destilada;
  144. Agitar o balão até dissolver completamente o produto;
  145. Completar 1000 ml com água destilada.
- Obs.: Solução utilizada para evitar proliferação de algas e floculação dos grãos.

## PREPARO DOS FRASCOS

146. Enxaguar a parte interna com jatos de água destilada, jogando fora a água utilizada;
147. Emborcar o frasco para escorrer e secar;
148. Determinar o peso seco do frasco;
149. Lavar com água e sabão a parte externa do frasco;
150. Introduzir no frasco 10 ml da solução sulfato de cobre nos frascos com previsão de uso (1 ml/l) e cobrir os frascos para mante-los ao abrigo da luz;

## PREPARO DAS CÁPSULAS E BÉQUERES

151. Deixar as cápsulas e béqueres submersos por 24 horas em água;
152. Lavar com bucha e pouco detergente e enxaguar com água corrente e em abundância;
153. Secar em estufa;
154. Resfriar e manter no dessecador;

## PREPARO DOS CADINHOS

155. Deixar o cadinho submerso por 24 horas em água destilada;
156. Lavar com bucha e pouco detergente e enxaguar em água corrente e abundante;
157. Filtrar aproximadamente 50 ml de água destilada;
158. Secar o cadinho em estufa convencional por 2 horas;
159. Retirar da estufa e aguardar o seu resfriamento;
160. Inserir um filtro de microfibras de vidro no cadinho;
161. Fixar o cadinho no gabinete de filtração;
162. Filtrar  $\pm$  50 ml de água destilada no cadinho, para melhor fixação do filtro;
163. Secar o cadinho com o filtro, em estufa.
164. Resfriar o cadinho no dessecador e manter no dessecador;

## RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS

### Anderson Braga - Newton de O. Carvalho

165. Fração entre as peneiras 16 e 32 mm da granulometria do leito - descartar % acima de 32 mm e adicionar % da faixa 16-32 mm na faixa 8-16 mm. Ressalta-se que o peso (em gramas) do material descartado não deve ser distribuído, mesmo que de forma ponderada, dentre as outras faixas granulométricas. O descarte deve ser simplesmente imaginado como algo que não existe na amostra, i.e., que não foi coletado.
166. COLETA DO LEITO - Deve-se evitar a coleta de amostras no leito dos rios que apresentarem lajeiros. Intensificar as coletas nas demais verticais da seção. Coletar no mínimo de 500 g em cada vertical escolhida. As amostras para granulometria do leito com diâmetro maior que 32 mm serão descartadas no campo ou no laboratório;
167. COLÓIDES - Determinar a concentração dos colóides (cl) por filtragem de cerca de 1000 ml da água do próprio rio (somente para o cálculo da Concentração).
168. DECANTAÇÕES - Todas as decantações deverão permanecer em repouso por um período mínimo de 96 horas;
169. FRAÇÃO 0,0625 mm – Adotar o resultado da fração 0,0625 mm determinada no peneiramento

170. MÉTODOS DE PENEIRAMENTO - A granulometria da fração grossa pode ser analisada pelo peneiramento seco ou úmido ou pelo método de acumulação visual. No LCEC a análise é feita pelo método do peneiramento seco;
171. MISTURA DAS AMOSTRAS - A coleta das amostras de suspensão e de concentração nas verticais de cada posto será executada com mistura durante a coleta e as amostras do leite serão misturadas proporcionalmente no laboratório;
172. QUANTIDADE DE AMOSTRAS PARA CONCENTRAÇÃO – A quantidade de amostra para concentração é definida em função da concentração visual dos sedimentos. Deve ser coletado um volume que contenha uma quantidade de sedimentos que resulte em pesagens precisas;
173. QUANTIDADE DE AMOSTRAS PARA SUSPENSÃO – As amostras de suspensão deverão ser coletadas em quantidades suficientes para serem analisadas granulometricamente
174. REDUÇÃO DA AMOSTRA NO MÉTODO DE ANÁLISE – Visando obter uma amostra que seja suficiente para a execução do Tubo de Remoção pela Base ou Pipetagem, o LCEC fixou em 775 ml o volume de redução da amostra no método de análise, se a concentração proporcional resultar em valores entre 200 e 3199 mg/l será executado o TRB, e para isso será necessário uma nova decantação e redução para aproximadamente 450 ml;
175. CONCENTRAÇÃO PROPORCIONAL – Por determinação do consultor Newton a concentração para execução da Pipetagem é de no mínimo 2000 mg/l, portanto a partir da concentração de 3200 mg/l no tubo ou 2000 mg/l na proveta, executa-se a Pipetagem. Exemplo: 51,61 mg de sedimento em 0,025 l resulta proporcionalmente em 1600 mg para o volume reduzido de 0,775 l, e numa concentração de 2064 mg/l. A redução para 0,5 l (volume do tubo) resulta numa concentração de 3200 mg/l. A redução para 0,8 l (volume da proveta) resulta numa concentração de 2000 mg/l.
176. REDUÇÃO NO ENSAIO DE FILTRAÇÃO - As amostras com concentração abaixo de 200mg/l e destinadas ao ensaio de Filtração, poderão ser reduzidas após uma cuidadosa decantação (Newton);
177. REGRESSÃO NÃO LINEAR - Foi aceito a regressão não linear Angus M. Brown (Newton), porém, o gráfico deverá visualizar uma regressão completa. Continuamos pesquisando alternativas;
178. SECAGENS E RESFRIAMENTOS - Todas as secagens de amostras e utensílios utilizados nos ensaios de sedimentometria deverão ser feitas em estufas convencionais, com temperatura controlada para 105 °C, tempo mínimo de secagem de 16 horas ou até a constância de peso, resfriamento em dessecadores por 6 horas e manutenção dos equipamentos resfriados nos dessecadores para evitar absorção de umidade;
179. TRB - se for utilizada água destilada para completar as 100 divisões do tubo, a altura inicial deverá ser de 90 a 95 divisões e deverá ser lida antes da lavagem do bastão e do béquer no tubo;
180. SÍLICA-GEL NA BALANÇA – Houve a tentativa de manter uma porção de sílica-gel no gabinete de pesagem da balança para diminuir a umidade do ar, não houve continuidade do procedimento, pois a sílica-gel se alterava rapidamente. Passamos então a fazer as pesagens o mais rápido possível;
181. ALTAS PORCENTAGENS DE AREIA NAS AMOSTRAGENS – Na medição 19 do rio Verde a coleta foi executada com cuidados dobrados para que o amostrador não tocasse no fundo do rio, buscando assim eliminar a preocupação de um possível erro de coleta.

## RECEPÇÃO E DECANTAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SUSPENSÃO



Foto 1 – Limpeza dos frascos com pano úmido



Foto 2 – Pesagem dos frascos



Foto 3 – Decantação das amostras



Foto 4 – Proteção contra incidência de luz nos frascos transparentes



Foto 5 – Decantação das amostras

DETERMINAÇÃO DOS SÓLIDOS DISSOLVIDOS E REDUÇÃO DAS AMOSTRAS



Foto 7 – Pipetagem de amostras para determinação dos sólidos dissolvidos

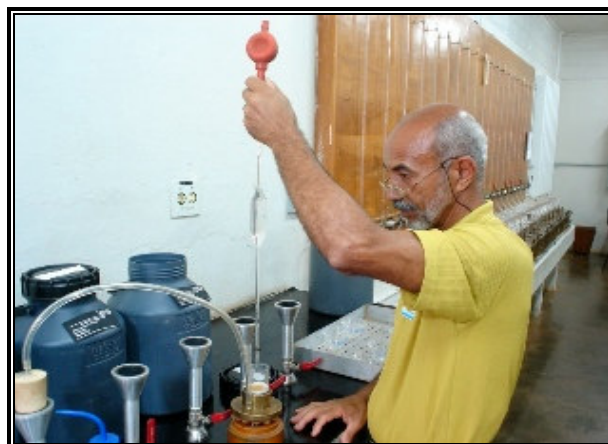


Foto 8 – Colocação da amostra no cadinho



Foto 9 – Filtragem dos sólidos dissolvidos



Foto 10 – Cadinho + membrana filtrante, após a filtragem



Foto 11 – Introdução do pescador de líquidos no frasco para redução da amostra



Foto 12 – Redução da amostra

## DETERMINAÇÃO DOS COLÓIDES



Foto 13 – Vista de amostras com e sem colóides



Foto 14 – Taragem do béquer para determinação dos colóides



Foto 15 – Pesagem da amostra



Foto 16 – Filtragem



Foto 17 – Limpeza do béquer com água destilada



Foto 18 – Vista do cadinho após a filtragem

DETERMINAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE



Foto 19 – Segunda redução das amostras



Foto 20 – Passagem da amostra na peneira 0,0625 mm, para separação da areia do silte+argila



Foto 21 – Lavagem da peneira com água do próprio rio

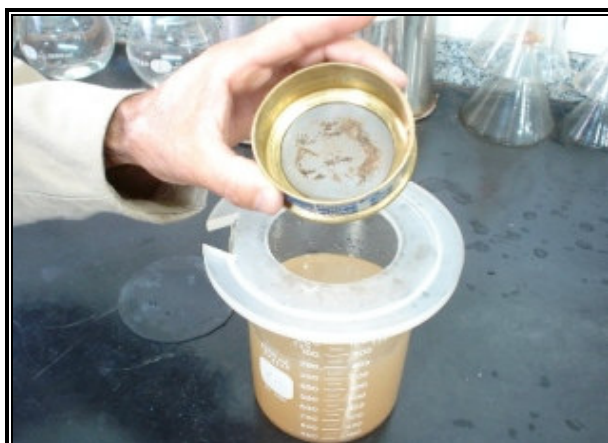


Foto 22 – Vista da areia retida na peneira



Foto 23 – Adição da solução de Peróxido de Hidrogênio para separação do material orgânico contido na amostra

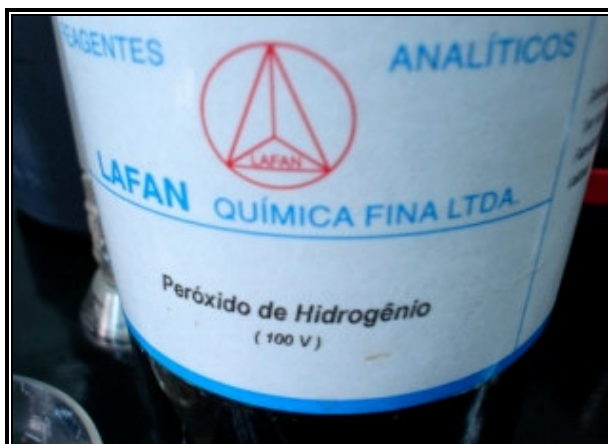


Foto 24 – Peróxido de hidrogênio

DETERMINAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE



Foto 25 – Retirada da água superficial da amostra



Foto 26 – Retirada do material orgânico



Foto 27 – Completando 800 ml com água do próprio rio



Foto 28 – Pipetagem para determinação da concentração da amostra reduzida



Foto 29 – Colocação da amostra pipetada na cápsula



Foto 30 – Lavagem da pipeta com água destilada

TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE



Foto 31 – Iniciando a redução da amostra (775 ml), após a terceira decantação



Foto 32 – Redução da amostra reduzida para 450 ml

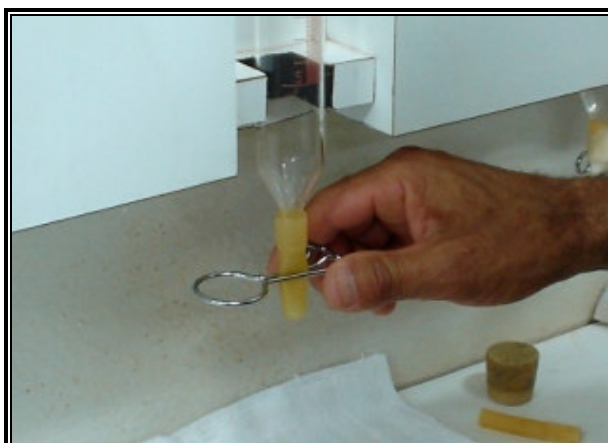


Foto 33 – Fechamento da parte inferior do tubo



Foto 34 – Colocação do funil na boca do tubo



Foto 35 – Colocação da amostra no tubo



Foto 36 – Lavagem do bquer com água do próprio rio



TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE



Foto 37 – Lavagem do funil com água do próprio rio



Foto 38 – Fechamento da parte superior do tubo com rolha de borracha



Foto 39 – Acerto do relógio para iniciar a agitação



Foto 40 – Início da agitação



Foto 41 – Agitação



Foto 42 – Agitação

TUBO DE REMOÇÃO PELA BASE



Foto 43 – Coleta da amostra



Foto 44 – Marcação do volume coletado e da temperatura da água



Foto 45 – Amostras coletadas



Foto 46 – Amostras sendo retiradas da estufa após a secagem



Foto 47 – Amostras sendo retiradas do dessecador após o resfriamento



Foto 48 – Pesagem das amostras

PENEIRAMENTO DE SUSPENSÃO



Foto 49 – Taragem das peneiras



Foto 50 – Colocação da amostra no jogo de peneiras



Foto 51 – Limpeza da cápsula



Foto 52 – Agitação das peneiras

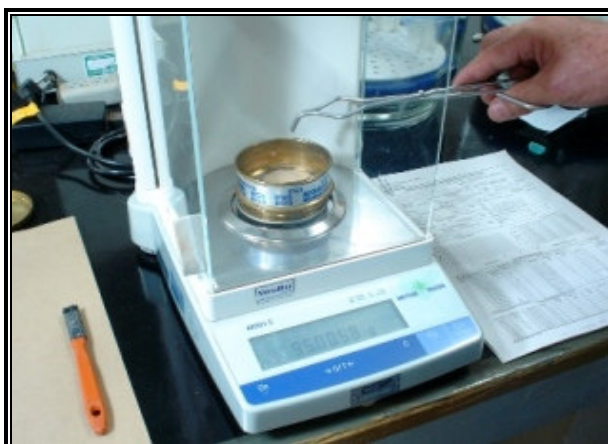


Foto 53 – Pesagens da peneira com amostra

PIPETAGEM



Foto 55 – Separação das cápsulas previamente preparadas e mantidas no dessecador



Foto 56 – Colocação da amostra reduzida na proveta



Foto 57 – Limpeza do béquer com água do próprio rio para extrair todo o sedimento



Foto 58 – Completando o volume na proveta para 800 ml com a água do próprio rio

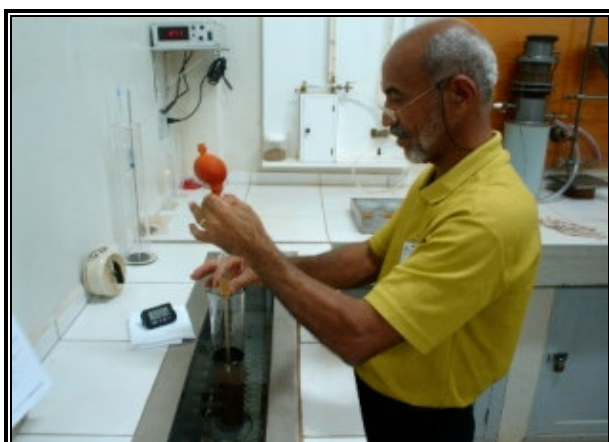


Foto 59 – Pipetagem

PENEIRAMENTO DE LEITO



Foto 61 – Recepção de amostras de leito



Foto 62 – Vista da amostra seca após a mistura



Foto 63 – Colocação da amostra no agitador de peneiras



Foto 64 – Transferência de cada fração da amostra da peneira para a cápsula de pesagem



Foto 65 – Limpeza da peneira



Foto 66 – Vista da amostra depositada na cápsula sobre o papel



Foto 67 – Coleta da parte da amostra que caiu sobre o papel



Foto 68 – Pesagem da fração da amostra que ficou retida em cada peneira

### Método de Análise

Rio: Aguapei  
Local: Salto Carlos Botelho  
Obra: UHE Eng. Sérgio Motta (Primavera)

Mét. de medição: Igual Incremento de Descarga  
Tipo: Descarga Sólida em Suspensão  
Medição: 066  
Coleta: 19/7/07  
Amostragem: Mistura das amostras no campo

<u>Controle de recepção</u>				
frasco	água + sedim + tara (g)	sulfato de cobre (ml)	tara (g)	água + sedim. total (g)
001	8.474,8	10,0	1025,1	7.439,7
		-		ásed

<u>Redução</u>		<u>Decantação</u>					
1ª redução		1ª decantação		2ª decantação		3ª decantação	
(béquer 4000ml)		frasco:	-	béquer n.º:	83	béquer n.º:	74
béquer n.º:	V	início:	1/8/07	início:	7/8/07	início:	13/8/07
		final:	7/8/07	final:	13/8/07	final:	22/8/07
		tempo (dias):	6	tempo (dias):	6	tempo(dias):	9

<u>Sólidos dissolvidos inicial - (50 ml)</u>				
cápsula	peso seco + tara (g)	tara (g)	sól. dissolvidos (g)	c.sól.diss. - csd (mg/l)
017	52,6727	52,6667	0,0060	139
016	52,9164	52,9085	0,0079	(sdg*1000)/(50/1000)
		média - sdg (g):	0,0070	

<u>Método de análise</u>						
béquer n.º:	83	cápsula n.º	ps + tara (g)	tara (g)	peso seco (g)	método de análise
areia - a:		21	57,6038	55,6866	1,9172	Peneiramento
silte+argila 25ml - sgp:		70	59,3496	59,3072	0,0389	Tube Rem. Base

$$sgp = (ps+tara)-tara-(sdg/2)$$

amostra remanescente no béquer - ar (ml):	775	
peso seco silte+argila proporcional - psg (g):	1,2067	ar*sgp/25
concentração proporcional p/ 500 ml - cp (mg/l):	2413	(psg*1000)/(500/1000)

<u>Colóides</u>				
béquer	água+colóides+tara (g)	tara (g)	água + colóides - ácl (g)	colóide total - clg (g)
51	1117,0	273,8	843,2	0,0662
cadinho	colóides + tara (g)	tara (g)	colóides - clp (g)	c. colóides ccl (mg/l)
006	34,3728	34,3653	0,0075	8,894
			clg = ásed*clp/acl	ccl = (clg*1000)/(ásed/1000)

<u>Filtração</u>					
vol. reduzido - vr (ml):	cadinho	sed+tara (g)	tara (g)	sedimento - sed (g)	concentração (mg/l)
				(sed+tara)-tara-(clg*vr/ased)	(ss * 1000) / (ásed / 1000)

colóide 25ml - clg <sub>25</sub> (g):	0,0002	clg*25/ásed
sedimento em suspensão - ss (g):		a+sgp-clg <sub>25</sub> +sed+clg
silte+argila total em gramas - sgt (g):		sgp-clg <sub>25</sub> +sed
concentração de areia - ca (mg/l):	251,5	(ap*1000)/(ásed/1000)

<u>Limites para métodos de análise granulométrica</u>						
material	tipo de análise	faixa de tamanho (mm)		concentração (mg/l)		quantidade sedimento (g)
areia	peneiramento	0,0625	32	-	-	
	V.A.	0,0625	2	-	-	
silte + argila	pipetagem	0,002	0,0625	3.200	40.000	
	tubo rem. base	0,002	0,0625	200	3.200	
	evaporação					
	filtração	0,002	0,0625	< 200		

### Tube de Remoção pela Base

Rio: Aguapei  
Local: Salto Carlos Botelho  
Obra: UHE Eng. Sérgio Motta (Primavera)

Mét. de medição: Igual Incremento de Descarga  
Tipo: Descarga Sólida em Suspensão  
Medição: 66  
Coleta: 19/7/07  
Amostragem: Mistura das amostras no campo

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
temp.	tempo leitura decorrido		altura de queda (L)	altura da coluna retirada(Lr)	volume líquido da coleta (cm <sup>3</sup> )	béquer  n. <sup>o</sup>	sedimento seco + tara  (g)	tara  (g)	h - i  sedim. coletado  (g)
°C	(h:mm:ss)	(min.)	(div.)	(div.)	(cm <sup>3</sup> )	n. <sup>o</sup>	(g)	(g)	(g)
23,4	08:00:00	0	100,0	-	-	-	-	-	-
23,4	08:00:30	0,5	90,1	9,9	53,753	17	103,4008	103,2460	0,1548
23,4	08:01:00	1	80,1	10,0	54,081	26	103,5601	103,4140	0,1461
23,4	08:02:00	2	69,9	10,2	55,267	22	103,8044	103,6356	0,1688
23,4	08:05:00	5	60,1	9,8	52,920	8	103,5617	103,2773	0,2844
23,4	08:13:00	13	49,9	10,2	54,714	3	99,9197	99,7067	0,2130
23,6	08:32:00	32	40,0	9,9	53,248	2	103,3156	103,1827	0,1329
23,7	09:20:00	80	30,0	10,0	53,815	29	107,9870	107,8997	0,0873
24,2	10:40:00	160	20,0	10,0	53,961	24	102,7486	102,6975	0,0511
25,8	15:30:00	450	10,0	10,0	53,176	30	102,8671	102,8332	0,0339
25,8	15:31:00	451	0,0	10,0	55,402	34	110,1735	110,1544	0,0191
coleta final da lavagem do tubo (lt):						27	102,4143	102,4122	0,0021

l	m	sdp	clpr	o	p	q	r	s	t
afecção	10*l	sdvl*f1/vc	clg*f1/ásed	(l1*1000)-sdp-clpr	Σ o	100 / d	p * q	r / r1 * 100	c * q
volume p/ divisão (cm <sup>3</sup> )	volume coluna inicial (cm <sup>3</sup> )	sólidos dissolv. proporc. (mg)	colóide proporc. (mg)	sedimento líquido (mg)	sedimento líq. acum. ascendente (mg)	fator de altura	sedim. em suspensão p/ 100 div. (mg)	sedimento em suspensão (%)	tempo p/ deposição 100 cm (min.)
-	-	-	-	-	1216,3	1,000	1216,3	100,0	0,0
5,43	54,296	7,4717	0,00048	147,3	1069,0	1,110	1186,4	97,5	0,6
5,41	54,081	7,5173	0,00048	138,6	930,4	1,248	1161,5	95,5	1,2
5,42	54,183	7,6822	0,00049	161,1	769,3	1,431	1100,5	90,5	2,9
5,40	54,000	7,3559	0,00047	277,0	492,2	1,664	819,0	67,3	8,3
5,36	53,641	7,6053	0,00049	205,4	286,8	2,004	574,8	47,3	26,1
5,38	53,786	7,4015	0,00047	125,5	161,3	2,500	403,3	33,2	80,0
5,38	53,815	7,4803	0,00048	79,8	81,5	3,333	271,7	22,3	266,7
5,40	53,961	7,5006	0,00048	43,6	37,9	5,000	189,5	15,6	800,0
5,32	53,176	7,3916	0,00047	26,5	11,4	10,000	114,0	9,4	4500,0
5,54	55,402	7,7009	0,00049	11,4	-	-	-	-	-

**Dados de coleta no ensaio**

tubo	6	
vol. liq. tot. coleta - vc	540,336	cm <sup>3</sup> (Σf)
alt. coluna inicial	100,0	div.
temperatura média	24,0	°C
vol. líquido inic. - vl	540,340	cm <sup>3</sup> (Σm)
silte+argila total - sg	1,2550	g Σo/1000+sg <sub>25</sub>
<b>Sólidos dissolvidos</b>		
volume coletado	50	50 ml
cápsulas	17	16
peso + tara	52,6727	52,9164 g
tara	52,6667	52,9085 g
sólidos dissolvidos	0,0060	0,0079 g
média - sdg	0,0070 g	
sól. diss. total - sdvl	75,1	mg
sdvl = (sdg*1000)*vl/50		

**Classificação American Geophysical Union (AGU)**

%	pen. n. <sup>o</sup>	φ em mm	denominação
	18 - 35	1 / 0,5	areia grossa
1,6	35 - 60	0,5 / 0,25	areia média
33,5	60 - 120	0,25 / 0,125	areia fina
24,8	120 - 230	0,125 / 0,0625	areia muito fina
10,3		0,0625 / 0,031	silte grosso
10,2		0,031 / 0,016	silte médio
7,9		0,016 / 0,008	silte fino
4,9		0,008 / 0,004	silte muito fino

água + sedim. total - ásed = 7.439,7 g  
 areia total - a = 1,9172 g  
 silte+argila 25ml - sg<sub>25</sub> = 0,0387 g sgp-clg<sub>25</sub>  
 colóide total - clg = 0,0662 g  
 concentração da análise = 435,6 mg/l  
 $c = (\Sigma o + (a*1000) + (sg_{25}*1000) + (clg*1000) + (lt*1000)) / (\text{ásed}/1000)$





**Cliente:** Bacia UHE Eng. Sérgio Motta (P. Primavera)

**Rio:** Verde

**Posto:** Porto Velho

Med.	Data	Amostradores		Mét. med.	Descarga líquida (m³/s)	Veloc. média (m/s)	Prof. média (m)		Largura (m)	Área (m²)	Temp. água (°C)	Conc. (mg/l)	Dist. am./fun. (m)	Cota média (m)	Desc. Sól. Susp. (t/dia)	Descarga sólida total (t/dia)			
		susp.	leito				(Ql)	(Qs)								modif. Einstein		simpl. Colby 1957	
																leito	total	leito	total
001	05/09/02	D-49	arrasto	IIL	227,16	0,84	3,83	3,79	70,95	271,63	22,0	68,50	0,10	2,09	1344	619,6	1964	958,4	2303
002	25/10/02	D-49	arrasto	IID	219,03	0,87	3,47	3,94	72,50	251,71	24,5	45,90	0,10	1,88	868,6	747,0	1616	846,4	1715
003	29/11/02	D-49	arrasto	IID	229,86	0,91	3,50	3,87	72,40	253,50	27,0	57,00	0,10	1,98	1132	779,6	1912	1040	2172
004	12/12/02	D-49	arrasto	IIL	200,10	0,81	3,42	3,66	72,00	246,10	27,0	34,50	0,10	1,86	596,5	489,8	1086	621,4	1218
005	14/01/03	D-49	arrasto	IID	325,50	1,03	4,39	4,81	71,85	315,77	27,5	42,90	0,10	2,70	1206	1098	2305	1272	2479
006	14/01/03	D-49	arrasto	IIL	325,50	1,03	4,39	4,44	71,85	315,77	28,0	48,10	0,10	2,70	1353	709,5	2062	1344	2697
007	14/02/03	D-49	arrasto	IID	350,11	1,06	4,43	4,89	74,60	330,63	26,5	39,20	0,10	2,88	1186	903,7	2089	1351	2537
008	14/02/03	D-49	arrasto	IID	350,11	1,06	4,43	4,83	74,60	330,63	26,5	52,10	0,10	2,88	1576	974,6	2551	1549	3125
009	07/03/03	saca	arrasto	IID	275,55	0,98	3,86	4,17	72,55	280,01	28,5	50,40	0,30	2,30	1200	1142	2342	1195	2395
010	07/03/03	saca	arrasto	IID	275,55	0,98	3,86	4,17	72,55	280,01	28,0	50,90	0,30	2,30	1212	1248	2460	1201	2413
011	03/04/03	D-49	arrasto	IID	276,64	0,97	3,85	4,26	74,25	285,67	26,0	55,70	0,10	2,33	1331	1102	2433	1254	2585
012	03/04/03	D-49	arrasto	IID	276,64	0,97	3,85	4,26	74,25	285,67	26,5	71,40	0,10	2,33	1707	1111	2818	1412	3119
013	07/05/03	D-49	arrasto	IID	293,36	1,01	4,05	4,41	71,65	290,54	22,0	25,80	0,10	2,50	653,9	692,4	1346	929,3	1583
014	07/05/03	D-49	arrasto	IID	293,36	1,01	4,05	4,43	71,65	290,54	23,0	32,60	0,10	2,50	826,3	378,3	1205	1040	1866
015	04/06/03	D-49	arrasto	IID	237,55	0,91	3,57	3,98	73,40	262,02	21,5	81,20	0,10	2,06	1667	813,1	2480	1257	2924
016	04/06/03	D-49	arrasto	IID	237,55	0,91	3,57	3,98	73,40	262,02	21,5	91,00	0,10	2,06	1868	915,9	2784	1328	3195
017	03/07/03	D-49	arrasto	IID	218,19	0,84	3,53	3,93	73,50	259,61	21,5	25,90	0,10	1,93	488,3	489,8	978,0	606,3	1095
018	03/07/03	D-49	arrasto	IID	218,19	0,84	3,53	4,07	73,50	259,61	20,5	46,20	0,10	1,93	870,9	574,1	1445	800,1	1671
019	15/08/03	D-49	USBM-54	IID	211,31	0,85	3,47	3,83	71,30	247,55	19,5	38,40	0,10	1,88	701,1	670,6	1372	725,3	1426
020	15/08/03	D-49	USBM-54	IID	211,31	0,85	3,47	3,83	71,30	247,55	19,5	44,90	0,10	1,88	819,7	601,4	1421	781,8	1602
021	09/09/03	D-49	USBM-54	IID	191,35	0,79	3,46	3,86	70,15	242,53	24,0	10,80	0,10	1,79	178,6	90,56	269,1	329,4	507,9
022	09/09/03	D-49	USBM-54	IID	191,35	0,79	3,46	3,82	70,15	242,53	24,0	29,50	0,10	1,79	487,7	187,7	675,4	533,2	1021
023	22/10/03	D-49	DH-60	IID	231,46	0,90	3,53	3,92	73,15	258,44	25,0	120,4	0,10	1,97	2408	1414	3822	1471	3879
024	22/10/03	D-49	DH-60	IID	231,46	0,90	3,53	3,88	73,15	258,44	25,5	112,7	0,10	1,97	2254	896,8	3151	1425	3679
025	20/11/03	saca	BH-60	IID	257,43	0,92	3,83	4,27	73,20	280,71	25,0	28,96	0,30	2,25	644,1	699,3	1343	801,5	1446

### Granulometria de suspensão

**Cliente:** Bacia UHE Eng. Sérgio Motta (Primavera)

**Rio:** Verde

**Posto:** Porto Velho

Medição	Coleta	Análise granulométrica de suspensão % < Ø (mm)														
		GRF - granulometria da fração fina (silte + argila)									GRG - granulometria da fração grossa (areia)					
		0,0024	0,0039	0,0055	0,0078	0,0110	0,0156	0,0221	0,0312	0,0442	0,0625	0,125	0,25	0,5	1	2
001	5/9/02										15,0	33,2	81,7	98,5	100,0	
002	25/10/02										30,5	52,9	95,0	100,0		
003	29/11/02										27,7	55,9	94,6	100,0		
004	12/12/02		6,5	9,2	13,1	18,0	24,2	30,6	36,1	39,8	42,5	63,1	98,2	100,0		
005	14/1/03										58,6	75,8	97,1	100,0		
006	14/1/03										51,8	67,4	95,1	100,0		
007	14/2/03		21,6	25,7	30,5	35,8	41,6	47,2	51,8	54,9	57,4	74,8	97,0	100,0		
008	14/2/03		16,7	21,0	26,4	32,5	39,1	45,2	49,9	52,6	54,5	71,7	98,0	100,0		

### Granulometria de leito

**Cliente:** Bacia UHE Eng. Sérgio Motta (Primavera)

**Rio:** Verde

**Posto:** Porto Velho

Medição	Coleta	Análise granulométrica de leito % < Ø (mm)														
		Pipetagem					Peneiramento fino					Peneiramento grosso				
		0,002	0,004	0,008	0,016	0,031	0,0625	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32
001	5/9/02						0,1	2,0	51,0	97,6	99,7	99,9	100,0			
002	25/10/02						0,1	4,3	54,5	99,4	100,0					
003	29/11/02						0,2	2,1	30,9	83,7	96,1	97,8	99,6	100,0		
004	12/12/02						0,0	0,8	42,2	92,5	99,3	99,5	99,6	100,0		
005	14/1/03						1,0	3,8	36,1	94,9	99,6	99,8	100,0			
006	14/1/03						0,1	0,4	18,4	92,3	98,5	98,6	98,7	98,8	100,0	
007	14/2/03						0,0	1,0	25,7	72,7	83,1	83,3	83,6	85,1	88,3	100,0
008	14/2/03						0,1	1,4	38,8	93,5	99,3	99,7	100,0			

### Composição média dos sedimentos de Suspensão

Cliente: Bacia UHE Eng. Sérgio Motta (Primavera)

Rio	Local	Número de medições	Período		Cascalho	Areia	Silte	Argila
			medição inicial	medição final	64 / 2,0 mm (%)	2,0 / 0,0625 mm (%)	0,0625 / 0,0039 mm (%)	0,0039 / 0,00024 mm (%)
Verde	Porto Velho	67	05/09/2002	14/09/2007		59,5	29,4	11,1
Sto. Anastácio	Faz. Jaguatirica	68	23/08/2002	12/09/2007		69,9	22,9	7,2
Taquaruçu	Faz. Caio	69	20/08/2002	13/09/2007		41,8	37,5	20,7
Pardo	Faz. Buriti	68	21/08/2002	11/09/2007		44,9	38,0	17,1
do Peixe	Flórida Paulista	68	30/08/2002	05/09/2007		66,4	23,9	9,7
Aguapeí	Salto Carlos Botelho	67	29/08/2002	04/09/2007		20,7	53,5	25,8

### Tabela American Geophysical Union

Peneiras	$\phi$ em mm		Denominação	Peneiras	$\phi$ em mm		Denominação
	64	32	cas. muito grosso				
	32	16	cascalho grosso	230	0,0625	0,031	silte grosso
	16	8	cascalho médio		0,031	0,016	silte médio
	8	4	cascalho fino		0,016	0,008	silte fino
	4	2	cascalho muito fino		0,008	0,004	silte muito fino
10	2	1	areia muito grossa		0,004	0,002	argila grossa
18	1	0,5	areia grossa		0,002	0,001	argila média
35	0,5	0,25	areia média		0,001	0,0005	argila fina
60	0,25	0,125	areia fina		0,0005	0,00024	argila muito fina
120	0,125	0,0625	areia muito fina				